

⑤1

Int. Cl. 2:

F 01 D 5/18

①9 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**



DT 26 43 049 A 1

①1

Offenlegungsschrift 26 43 049

②1

Aktenzeichen: P 26 43 049.9

②2

Anmeldetag: 24. 9. 76

④3

Offenlegungstag: 21. 4. 77

③0

Unionspriorität:

③2 ③3 ③1

14. 10. 75 USA 622321

14. 10. 75 USA 622322

⑤4

Bezeichnung: Schaufel mit gekühlter Plattform für eine Strömungsmaschine

⑦1

Anmelder: United Technologies Corp., Hartford, Conn. (V.St.A.)

⑦4

Vertreter: Menges, R., Dipl.-Ing.; Prah, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦2

Erfinder: Noble, Melvin Lee, San Diego, Calif.;
Przirembel, Hans Rainer, Herborn, Conn. (V.St.A.)

DT 26 43 049 A 1

- 2 -

P A T E N T A N S P R U E C H E .

1. Schaufel für eine Strömungsmaschine, mit einem aerodynamischen Abschnitt und einer Plattform an einem Ende des aerodynamischen Abschnittes, wobei die Plattform eine Vorderkante, eine Hinterkante, zwei Seitenkanten und eine erste Wand aufweist, welche eine innere Fläche auf der Seite des aerodynamischen Abschnittes und eine äussere Fläche auf der gegenüberliegenden Seite aufweist und wobei Mittel zum Kühlen der Plattform vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, dass eine zweite Wand in Abstand von der ersten Wand angeordnet ist, um zwischen den beiden Wänden ein Kühlmittelströmungskanal zu bilden, dass Verbindungsmittel zwischen der ersten Wand und der zweiten Wand vorgesehen sind, um eine Plattformkühlmittelkammer zu umschliessen, dass wenigstens eine Kühlmitteldurchlassbohrung durch die zweite Wand verläuft, um ein Kühlmittelstrahl durch die Kühlkammer gegen die erste Wand in Abhängigkeit des Druckunterschiedes beidseitig der Wand zu richten und dass Dämme, welche sich durch die Kühlkammer erstrecken, die Kühlmittelbohrung zum Teil umschliessen und in den Kühlmittelströmungskanal öffnen, um den Kühlmittelstrahl gegen die Kühlmittelströmung in dem Hauptkühlmittelströmungskanal zu schützen und damit das Kühlmittel des durch die Bohrung eingeleiteten Strahles nach dem Auftreffen in den Hauptkühlmittelströmungsweg abfliessen kann.

2. Schaufel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Kanal durch die Plattform ragt, mit der Kühlkammer in Verbindung ist und in der inneren Fläche der ersten Wand endet, so dass Kühlmittel aus dem Hauptkühlmittelströmungsweg durch den Kanal abzuleiten ist, um die Plattform während der Strömung durch den Kanal durch Konvektion zu kühlen und um die innere Fläche der Plattform durch Filmkühlung zu kühlen.

3. Schaufel nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Wand eine Platte ist, welche mehrere Bohrungen aufweist, die sich durch die Platte erstrecken und längs einer Seite der Kühlkammer angeordnet sind, dass eine Lippe von der ersten Wand aufragt, und wobei die Platte an der Lippe befestigt ist, und dass mehrere Dämme sich durch die Kühlkammer erstrecken und voneinander in Abstand angeordnet sind, um mehrere Kammern für die Aufprallkühlung zu bilden, wobei jede Kammer mit wenigstens einer Bohrung

und mit dem Hauptkühlluftströmungskanal in Verbindung ist.

4. Schaufel nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der aerodynamische Abschnitt eine Druckseite, eine Saugseite, eine Vorderkante und eine Hinterkante aufweist, dass die Kühlkammer sich längs einer Seite des aerodynamischen Abschnittes erstreckt, dass der Hauptkühlmittelströmungskanal sich im wesentlichen längs der gesamten Kühlänge der Kühlkammer erstreckt, und dass die Schutzdämme sich von einer Seite der Kühlkammer in Richtung zu ihrem Zentrum erstrecken, im wesentlichen senkrecht zu dem Hauptkühlmittelströmungskanal gerichtet sind und in demselben öffnen.

5. Schaufel nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlkammer in der Nähe der Druckseite des aerodynamischen Abschnittes liegt.

6. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass Auflager in dem Hauptkühlmittelströmungskanal angeordnet sind, um die Wärmeübertragung zu steigern.

7. Schaufel nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine weitere Kühlkammer in der Nähe der Saugseite des aerodynamischen Abschnittes angeordnet ist, dass diese Kühlkammer ebenfalls eine zweite Wand aufweist, welche in Abstand von der ersten Wand angeordnet ist und mit derselben zwecks Bildung eines Kühlmittelkanales verbunden ist und dass diesem Kühlmittelkanal Kühlluft einlassöffnungen und Kühlluftauslassöffnungen zugeordnet sind.

8. Schaufel nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlmitteleinlassöffnungen mehrere Kühlluftlöcher sind, welche durch die zweite Wand verlaufen, um Kühlluftstrahle gegen die äussere Wand der Schaufelplattform in Abhängigkeit des Druckunterschiedes beidseitig der zweiten Wand zu richten und dass die Kühlluftauslassöffnungen mehrere Kanäle sind, die von der Kühlluftkammer zu der inneren Fläche der Plattform verlaufen, damit die Kühlluft welche in die Kammer durch die Bohrungen einströmt, dieselbe durch die Kanäle verlässt und längs der inneren Oberfläche der Plattform abzuleiten ist, um die Plattform im Bereich der Saugseite derselben durch eine Kombination der Aufprallkühlung, Konvektionskühlung und Filmkühlung zu kühlen.

9. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet dass die Plattformkühlmittel desweiteren mehrere Kanäle aufweisen, welche sich durch die Plattform im wesentlichen parallel zu der inneren und äusseren Oberfläche derselben erstrecken und in der Hinterkante der Plattform enden, und dass diese Strömungskanäle über Bohrungen in die äussere Fläche der Plattform münden, damit Kühlluft in die Kanäle einströmen kann und dieselben am hinteren Rand der Plattform verlässt zur Konvektionskühlung des hinteren Bereiches der Plattform.
10. Schaufel nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Kanäle Bohrlöcher sind, welche im wesentlichen parallel zueinander und zu den Seitenkanten der Plattform verlaufen.
11. Schaufel nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass Abdichtungen zwischen der Seitenkante der Plattformdruckseite sowie der Seitenkante der Plattformsaugseite und den entsprechenden Seitenkanten benachbarter Schaufeln vorgesehen sind.
12. Schaufel nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Oeffnungen zum Einleiten von Kühlluft mehrere Bohrungen sind, welche die Kanäle mit der äusseren Fläche der Plattform verbinden an einer Stelle vor der hinteren Kante der Plattform.
13. Schaufel nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Oeffnungen zum Einleiten der Kühlluft in die Kanäle wenigstens einen Schlitz aufweisen, der mit wenigstens zwei Kühlmittelkanälen verbunden ist.
14. Schaufel nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine Abdichtung zwischen der Seitenkante der Saugseite oder der Seitenkante der Druckseite der Plattform und einer entsprechenden Seitenkante einer benachbarten Plattform angeordnet ist, wobei diese Abdichtung aus einer Platte besteht, die den Schlitz, welcher wenigstens zwei Kühlmittelkanäle mit der äusseren Plattformfläche verbindet teilweise abdeckt.
15. Schaufel nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass in bekannter Weise eine zweite Plattform am anderen Ende des aerodynamischen Abschnittes vorgesehen ist und dass Mittel entsprechend den Ansprüchen 1 bis 14 zur Kühlung dieser

zweiten Plattform vorgesehen sind.

16. Schaufel für eine Strömungsmaschine , mit einem aerodynamischen Abschnitt, der eine Vorderkante, eine Hinterkante, eine Druckseite und eine Saugseite aufweist, und mit einer an einem Ende des aerodynamischen Abschnittes vorgesehenen Plattform, welche sich im wesentlichen quer zu dem aerodynamischen Abschnitt erstreckt, und einen vorderen Teil vor der Vorderkante des aerodynamischen Abschnittes, einen hinteren Teil hinter der Hinterkante des aerodynamischen Abschnittes, eine innere Fläche auf der Seite des aerodynamischen Abschnittes und eine äussere Fläche aufweist, gekennzeichnet durch erste Mittel zum Kühlen der Plattform in der Nähe der Druckseite des aerodynamischen Abschnittes durch eine Kombination von Aufprallkühlung, Konvektionskühlung und Filmkühlung, durch zweite Mittel zum Kühlen der Plattform in der Nähe der Saugseite des aerodynamischen Abschnittes durch eine Kombination von Aufprallkühlung und Filmkühlung und durch dritte Mittel zum Kühlen des hinteren Bereiches der Plattform durch Konvektionskühlung.

PATENTANWÄLTE
MENGES & PRAHL
Erhardtstr. 12 D-8000 München 5

5

Anwaltsakte U 344

24. September 1976

UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
1, Financial Plaza
Hartford, Connecticut 06101
Vereinigte Staaten von Amerika

Schaufel mit gekühlter Plattform für eine Strömungsmaschine.

Die Erfindung betrifft die Plattformkühlung einer Schaufel für eine Strömungsmaschine und insbesondere bezieht sie sich auf die Kühlung mittels Kühlluftstrahlen, welche auf die Plattformoberfläche auftreffen, sowie auf Mittel zur Isolierung der Kühlluftstrahlen von dem Hauptkühlluftstrom, damit die Strahlen nicht abgelenkt oder in anderer Weise durch den quer dazu gerichteten Kühlluftstrom gestört werden.

Es wurden schon viele Versuche durchgeführt zur geeigneten Kühlung von Schaufelplattformen, welche mit der fortschreitenden Technologie der Strömungsmaschinen, um höhere Leistungen zu erzielen, immer grösseren Temperaturen ausgesetzt sind. Aus der U.S. Patentschrift 3.066.910 ist es bekannt Kühlluft durch Kanäle in der Schaufelplattform zu leiten, jedoch handelt es sich hierbei nur um eine Kühlung durch Wärmekonvektion. Entsprechend der U. S. Patentschrift 3.527.543 wird Kühlluft längs der Oberfläche der Schaufelplattform vorbeigeleitet. Auch hierbei erfolgt die Kühlung lediglich durch Wärmekonvektion. Entsprechend der französischen Patentschrift 1.214.618 strömt Kühlluft durch Kanäle, welche in der Nähe der Schaufelplattform vorgesehen sind, zum Kühlen der Schaufelplattform durch Wärmekonvektion. Aus anderen U.S. Patentschriften, z.B. 3.656.863, 3.318.573, 3.290.004, 2.828.940, 3.446.480, 3.446.482 und 3.446.481 sind weitere Kühlsysteme für Schaufelplattformen bekannt, welche jedoch nicht mit dem Kühlsystem entsprechend der vorliegenden Erfindung zu vergleichen sind.

Entsprechend der vorliegenden Erfindung befindet sich eine Kühlkammer an einer bestimmten Stelle der Schaufelplattform und Kühlluftstrahle strömen durch eine Reihe von Löchern in einer Platte, die in Abstand von der Plattformoberfläche angeordnet ist. Es sind Schutzdämme in der Kühlluftkammer vorgesehen, um die Kühlluftstrahle gegen die Auswirkungen der Kühlluftströmung durch die Kammer zu schützen oder zu isolieren.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird im folgenden ausführlicher beschrieben, es zeigen:

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird im folgenden ausführlicher beschrieben, es zeigen:

Figur 1 eine Darstellung einer Schaufel einer Strömungsmaschine entsprechend der Erfindung.

Figur 2 eine Darstellung in Perspektive einer solchen Schaufel.

Figur 3 eine Ansicht von oben oder von unten einer solchen Schaufel zur Darstellung der Plattformkühlzonen.

Figur 4 eine Ansicht von oben oder von unten der Schaufelplattform zur Darstellung des Kühlsystemes.

Figur 5 eine Ansicht längs der Linie 5-5 nach Figur 4.

Figur 6 eine Ansicht längs der Linie 6-6 nach Figur 4.

Figur 7 eine Ansicht längs der Linie 7-7 nach Figur 4.

Figur 8 eine Ansicht längs der Linie 8-8 nach Figur 4.

In Figur 1 ist eine Schaufel 10 dargestellt, in diesem Falle eine Leitschaufel, wie sie in Turbinentriebwerken verwendet wird, wie z.B. entsprechend den US Patentschriften 2.711.631 und 2.747.367. Die Lehre der Erfindung kann jedoch auch bei einer Laufschaufel angewandt werden. Die dargestellte Schaufel 10 befindet sich am Einlass der Turbine eines Turbinentriebwerkes. Die Schaufel könnte natürlich auch an einere anderen Stelle der Turbine oder des Verdichters eines üblichen Gasturbinentriebwerkes vorgesehen sein. Die Schaufel 10 ist eine von mehreren Schaufeln, welche sich im wesentlichen radial inbezug auf die Triebwerksachse erstrecken, und welche in Umfangsrichtung angeordnet sind und sich durch den ringförmigen Heissgaskanal 12 der Turbine oder des Verdichters der Strömungsmaschine erstrecken. Die Schaufel 10 hat einen aerodynamischen Teil 14, zwischen der äusseren Plattform 16 und der inneren Plattform 18, wie an sich bekannt ist. Die Schaufel 10 erhält die heissen Gase der Strömungsmaschine aus der Rohrleitung 20 stromaufwärts der Schaufel. Diese Gase strömen durch den Heissgaskanal 12 an der Schaufel 10 vorbei und werden

von derselben in üblicher Weise unter Beibehaltung eines optimalen Einfallwinkels gegen die Schaufeln eines Verdichter- oder Turbinenrotors geleitet. Die Rohrleitung 20 kann die Verbindung zwischen der Brennkammer und der Turbine einer Strömungsmaschine herstellen und dabei ist das durch den Kanal 12 und an dem aerodynamischen Abschnitt 14 der Schaufel 10 vorbeiströmende Gas sehr heiss. Die Schaufeln 14 und die Leitung 20 sind Bauteile einer üblichen Turbine 21. Der Turbineneinlass ist die Stelle eines Turbinen-triebwerkes wo die höchsten Temperaturen auftreten und die Temperatur, welcher der Turbineneinlass, d.h. die Schaufel 10, widerstehen kann ist ein wichtiger Anhaltspunkt zur Festlegung der zu erzielenden Leistung eines Turbinen-triebwerkes. Es ist dementsprechend üblich den aerodynamischen Abschnitt 14 der Schaufel 10 zu kühlen und die Lehre der vorliegenden Erfindung bezieht sich auf die zusätzliche Kühlung einer oder beiden Schaufelplattformen 16 und 18. Diese Plattformen sind der Temperatur der heissen Gase ausgesetzt, die durch den Kanal 12 und über den aerodynamischen Abschnitt der Schaufel 10 strömen, da die Oberflächen 22 und 24 der Plattformen den Heissgasströmungskanal 12 in Radialrichtung begrenzen.

Wie in Figur 1 dargestellt ist kann die Schaufel 10 in üblicher Weise befestigt werden, um sich im wesentlichen radial durch den Kanal 12 zu erstrecken. Die äussere Plattform 16 hat vorzugsweise einen vorderen Flansch 26, der in üblicher Weise an einem Tragring 28 befestigt ist. Ein hinterer Flansch 30 der äusseren Plattform ist in üblicher Weise mittels einer Tragvorrichtung 32 festgehalten. In ähnlicher Weise hat die innere Plattform 18 einen vorderen Flansch 34, der in üblicher Weise an einem Tragring 36 befestigt ist und einen hinteren Flansch 38, der mittels einer Tragvorrichtung 40 festgehalten ist. Die Tragmittel 28, 32, 36 und 40 sind in üblicher Weise in der Strömungsmaschine 21 befestigt, in welcher die Schaufel 10 angeordnet ist. Aus der Figur 1 ist desweiteren zu entnehmen, dass, wie durch die Pfeile angedeutet ist, Kühlfluid, z.B. Kühlluft, die um die Brennkammer der Strömungsmaschine strömt über die inneren Flächen 22 und 24 der Plattformen 16 und 18 zur Filmkühlung dieser Flächen geleitet wird. Die Kühlluft, welche zu den Stellen 46 und 48 gelangt wird zur

weiteren Kühlung der Plattformen 16 und 18 benutzt, wie später ausführlicher beschrieben wird. Eine Reihe von Dichtungen, wie z.B. Federdichtungen 50 und 52, und Dichtungen 54 und 56 sind vorgesehen, damit die heissen Gase aus dem Strömungskanal 12 nicht zwischen benachbarten Schaufeln 10 hindurch zu den Stellen 46 und 48 gelangen können. Die Abdichtungen sind nicht nur vorgesehen damit die heissen Gase möglichst vollständig zur Leistungsabgabe zur Verfügung stehen sondern sie verhindern auch, dass Heissgase aus dem Strömungskanal 12 die Kühlluft an den Stellen 46 und 48 erhitzen können und dementsprechend die Wirksamkeit des Kühlsystems herabsetzen können.

Wie in Figur 1 dargestellt ist, hat die Plattform 16 eine Vorderkante 58 und eine Hinterkante 60 und die Plattform 18 hat eine Vorderkante 62 und eine Hinterkante 64.

In der Figur 2 ist die Schaufel 10 in Perspektive dargestellt. Ein übliches Befestigungsmittel kann durch die Oeffnung 66 in dem Flansch 26 durchgesteckt werden zur Befestigung der Plattform 16 an dem Tragring 28 und ein weiteres Befestigungsmittel kann durch die Oeffnung 68 in dem Flansch 30 durchgesteckt werden zur Befestigung der Schaufel an der Tragvorrichtung 32. Auch der Schlitz 70 in dem Flansch 38 dient zur Aufnahme eines Befestigungsmittels zwecks Festlegen der Schaufel an der Tragvorrichtung 40. Die Federdichtungen 50 und 52 haben im wesentlichen den gleichen Aufbau. In den Seitenflächen 76 und 78 der Plattformen 16 und 18 sind Schlitz 72 und 74 vorgesehen und entsprechende Schlitz befinden sich in den gegenüberliegenden Seitenflächen der benachbarten Schaufeln, wie z.B. der Fläche 80 in Figur 3, so dass die Federdichtungen oder Streifen 83 in miteinander ausgerichtete, im wesentlichen axial verlaufende Schlitz, z.B. 74 und 80 benachbarter äusseren Schaufelplattformen 18 einzusetzen sind. Dies verhindert ein Lecken der Heissgasströmung zwischen den Schaufelplattformen aus dem Strömungskanal 12. Die Dichtung 56 wird durch die Tragvorrichtung 40 festgehalten und befindet sich zwischen benachbarten Seitenflächen von benachbarten Schaufeln 10. Diese Dichtung hat die gleiche Aufgabe wie die äussere Dichtung 54.

Im folgenden wird nun die Kühlung der inneren Plattform 18 beschrieben. Die äussere Plattform 18 kann in gleicher Weise wie die innere Plattform 18 gekühlt werden, oder sie kann auf andere Art und Weise gekühlt werden oder sogar vollständig ungekühlt bleiben.

In der Figur 3 ist eine Ansicht von unten des zu kühlenden Teiles der Plattform 18 dargestellt. Die Plattform 18 besteht vorzugsweise aus einem Stück mit dem aerodynamischen Abschnitt 14 der Schaufel. Der aerodynamische Abschnitt hat eine Druckseite 82 und eine Saugseite 84, eine Vorderkante 86 und eine Hinterkante 88. Der aerodynamische Abschnitt 14 ist vorzugsweise auch gekühlt. Die Kühlung dieses Teiles kann auf eine gewünschte, bekannte Art und Weise erfolgen. Eine Kühlkammer 90 liegt in der Plattform 18 in der Nähe der Druckseite 82 des aerodynamischen Abschnittes 14 der Schaufel und eine Kühlkammer 92 liegt in der Nähe der Saugseite 84 des aerodynamischen Abschnittes 14 der Schaufel 10. Der Teil der Plattform 18, der sich im wesentlichen stromabwärts des aerodynamischen Abschnittes 14 befindet, ist der Bereich 94 längs dem hinteren Ende der Plattform. Die Flächen der Plattform in der Nähe des seitlichen Randes 78 an der Druckseite und in der Nähe des seitlichen Randes 90 an der Saugseite, welche zu der Fläche 24 gehören, werden als Schiene 96 der Plattformdruckseite bzw. Schiene 98 der Plattformsaugseite bezeichnet.

Die Figur 3 zeigt hauptsächlich, dass die Plattform 18 auf verschiedene Art und Weise an vier verschiedenen Stellen durch vier verschiedene voneinander unabhängige Kühlsysteme gekühlt wird. Die erste Stelle ist der vordere Bereich der Plattform 100, der in Figur 3 gestrichelt dargestellt ist und welcher durch die vordere Kante 62, die Seitenkanten 78 und 80 und nach hinten durch die Temperaturgrenzlinien 102 und 104 sowie durch den aerodynamischen Abschnitt 14 umschlossen ist. Dieser vordere Bereich 100 der Plattform wird durch Filmkühlung gekühlt sowohl an der inneren Fläche 24 und an der inneren Fläche 22 durch Kühlluft aus dem Brennkammerabschnitt der Strömungsmaschine, wie in Figur 1 durch die Pfeile angedeutet ist. Der Bereich auf der Druckseite der Plattform, wo die Kühlluftkammer 90 vorgesehen ist, wird, wie später ausführlicher beschrieben wird, durch Aufprallkühlung,

Filmkühlung und durch Wärmekonvektion gekühlt. Der Bereich auf der Saugseite der Plattform, wo die Kühlkammer 92 vorgesehen ist, wird, wie im folgenden ausführlicher beschrieben wird, auch durch eine Kombination von Aufprallkühlung, Filmkühlung und Wärmekonvektion gekühlt. Der hintere Bereich 94 der Plattform wird, wie im späteren ausführlicher beschrieben wird, durch Konvektion gekühlt, hierzu sind mehrere Kühlluftkanäle in diesem Bereich der Plattform vorgesehen.

In der Figur 4 sind die Kühlsysteme für die Druckseite, die Saugseite und den hinteren Bereich der Plattform 18 ausführlicher dargestellt. Die Kühlkammer 90 auf der Druckseite der Plattform ist vorzugsweise umgeben von kontinuierlichen oder miteinander verbundenen hervorstehenden Rippen 90a, 90b, 90c und 90d, welche an der Schaufel 10 angegossen sind, die vorzugsweise aus einem Gusstück besteht und aus der Fläche 44 nach aussen hervorsteht. Eine Platte 106, deren Form derjenigen der Kammer 90 entspricht ist mit den hervorstehenden Rippen 90a, 90b, 90c und 90d in bekannter Weise, z.B. durch Schweissen, verbunden, um eine abgedichtete Kühlkammer 90 zwischen den Rippen zu bilden. Aus Figur 4 ist ersichtlich, dass die Kühlkammer 90 sich längs der Druckseite 92 des aerodynamischen Abschnittes 14 der Schaufel im wesentlichen entlang der gesamten Sehnenlänge der Schaufel erstreckt. Die Kühlkammer hat eine minimale Breite an ihrem vorderen Ende 90e und die Breite der Kammer nimmt nach hinten zu dem hinteren Rand 64 der Plattform zu. Die Platte 106 hat mehrere Löcher 108, siehe auch Figur 5, welche vorzugsweise in Gruppen, siehe Figur 4, längs der stromlinienförmigen Druckseite 90f der Kammer 90 angeordnet sind. Mehrere Dämme oder Rippen 110 ragen seitlich nach aussen von der Druckseite 90a der Kammer 90 zum Zentrum der Kammer 90. Diese Dämme oder Rippen 110 erstrecken sich über die gesamte Höhe der Kammer 90 zwischen der Platte 106 und der Bodenfläche 90g, welche zu der äusseren Fläche 44 gehört, der Kammer 90. Auf diese Weise entstehen getrennte Hohlräume oder Kammern 112 für die Aufprallkühlung zwischen den Dämmen oder Rippen 110 in Verbindung mit der Rippe 90b, der Fläche 90g und der Platte 106. Die Kammern 112 sind in Verbindung mit dem Hauptkühlluftkanal 114 des Hohlraumes 90. Wie aus Figur 4 ersichtlich ist, ist eine Gruppe

von Löchern 108 jeder Kammer 112 zugeordnet und die Anzahl der Löcher einer jeden Gruppe sowie die Anordnung der Löcher sind ausgewählt, um die erforderliche Aufprallkühlung der Plattform 18 an jeder besonderen Stelle zu erreichen. Bei Betrachtung der Figuren 4 und 5 kann man erkennen, dass die Kühlluft von der Stelle 48 durch die Löcher 108 in Form von mehreren Kühlluftstrahlen strömt und dann auf die Fläche 90g der Plattformwand 18 in der Kammer 112 auftrifft. Nach dem Auftreffen gelangt die Kühlluft aus einer Kammer 112 in den Hauptkühlluftkanal 114, vereinigt sich dort mit der Kühlluft aus anderen Kammern 112 und strömt in dem Kanal 114 in Richtung zum hinteren Ende 64 der Schaufelplattform. Am hinteren Ende der Kühlkammer 90 gelangt die Kühlluft durch Oeffnungen 116 in der Fläche 90g in mehrere Kühlluftkanäle 118, welche zu Oeffnungen 120 in der inneren Fläche 24 der Plattform 18 führen. Die aus den Oeffnungen 120 strömende Luft fließt über die Fläche 24 und dient dabei zur Filmkühlung der Plattformeschiene 96. Die Kühlluftströmung in den Kanälen 118 dient zur Kühlung der benachbarten Teile der Plattform 18 durch Wärmeübertragung. In dem Hauptkühlluftkanal 114 der Kammer 90 strömt die Kühlluft um ein oder mehrere Auflager 122, welche an der Schaufel 10 angegossen sind, und von der Fläche 90g zur Abstützung der Platte 106 aufragen. Die Auflager 122 steigern auch den Wärmeübertragungskoeffizienten. Der Hauptkühlluftkanal 116 verläuft zwischen den Einlassöffnungen 108 und den Auslassöffnungen 116 der Kammer 90.

Die Druckseite der Plattform 18 wird deshalb gekühlt durch eine Kombination von Aufprallkühlung, bei Auftreffen der Kühlluftstrahle auf die Fläche 90g, Konvektionskühlung durch den Kühlluftstrom in dem Kanal 114 und den Kanälen 118 und Filmkühlung durch die entweichende Kühlluft längs der Fläche 24 der Schiene 96. Die Dämme oder Rippen 110 haben die sehr wichtige Aufgabe, getrennte Hohlräume 112 zu bilden durch welche die Kühlluftstrahle von den Oeffnungen 108 auf die Fläche 90g auftreffen. Die Dämme oder Rippen 110 isolieren oder schützen die Kühlluftstrahle von der quer dazu verlaufenden Strömung in dem Hauptkühlluftkanal 114. Die Dämme 110 verhindern eine Beeinträchtigung der Kühlluftstrahle durch Abschirmen derselben von der Hauptkühlluftströmung. Falls

diese Dämme oder Wände 110 sowie die durch diese abgetrennten Kammern 112 nicht vorgesehen wären, so würde die in dem Kühlluftkanal 114 strömende Kühlluft quer durch die Kühlluftstrahle hindurchverlaufen und dadurch dieselben abschrägen. Dies wäre gleichbedeutend mit dem Verlust einer wirksamen Aufprallkühlung.

Die Kühlkammer 92 auf der Saugseite der Plattform hat in ähnlicher Weise wie die Kammer 90 eine kontinuierliche, aufragende Rippe 92a, die aus der Fläche 44 der Schaufel 14 hervorsticht und an dieser angegossen ist. Die Rippe 92a bildet zusammen mit der Fläche 44 der Plattform 18 und der Platte 124 die abgedichtete Kühlluftkammer oder Hohlraum 92 der Saugseite. Die Platte 124 ist in ähnlicher Weise wie die Platte 106 ausgebildet. Die Form der Platte 106 entspricht der Form der Rippe 92 und sie ist an dieser Rippe in üblicher Weise, z.B. durch Schweissen befestigt. Die Löcher 126 sind die einzige Kühlluftzuführung der Kammer 92. Diese Löcher 126 sind in der Platte 124 in geeigneter Weise angeordnet um Kühlluftstrahle gegen die Fläche 44 der Plattform 18 zu leiten, um diese in ähnlicher Weise wie durch die Kühlluftstrahle der Kammer 90 auf der Druckseite der Plattform zu kühlen. Die Kühlluftstrahle entstehen durch Druckunterschied an den Öffnungen 108 und 126. Nach dem Auftreffen strömt die Kühlluft in der Kammer 92, um Auflager 128 und entweicht dann durch Löcher oder Kanäle 130, um die Plattform zusätzlich durch Wärmeübertragung zu kühlen. Jeder Kanal 130 hat einen Einlass 132, in Verbindung mit der Kammer 92 und einen Auslass 134 in der Fläche 24. Die Kühlluft aus der Kammer 32, welche durch die Öffnungen 134 in der Fläche 34 entweicht dient dementsprechend auch zur Filmkühlung der Plattformschiene 98. Die Kühlkammer 92 der Saugseite der Plattform dient in ähnlicher Weise zur Kühlung der Plattform wie die Kühlkammer 90 auf der Druckseite. Die Kühlluftströmung, welche in Form von Strahlen durch die Öffnungen 126 in der Platte 124 in die Kammer 92 eintritt zum Aufprallen auf die Fläche 92b der Fläche 44 (siehe Figur 8) der Plattform 18 strömt nach dem Aufprallen auf diese Fläche längs der Fläche 92b der Plattform 18 durch die Kammer 92 und um die Auflager 128 zum Abströmen durch die Kühlluftlöcher 130. Die abströmende Kühlluft bewirkt eine zusätzliche Filmkühlung der Oberfläche 24 der Plattform 18 längs der Plattformschiene 98.

Die Kühlluftkammer 92 bewirkt eine Kühlung der Saugseite der Plattform durch eine Kombination von Aufprallkühlung, Konvektionskühlung und Filmkühlung, wie schon vorher in Zusammenhang mit der Beschreibung der Kühlluftkammer 90 erwähnt wurde.

Das Kühlsystem für den hinteren Bereich 94 der Plattform 18 ist in den Figuren 4 und 6 dargestellt. Mehrere Bohrlöcher 136 sind in dem Bereich 48 der Plattform 18 vorgesehen und sind mit einem oder mehreren Bohrlöchern 138 zur Konvektionskühlung dieses Bereiches der Plattform verbunden. Die Bohrungen oder Kanäle 138 verlaufen im wesentlichen parallel zueinander und haben Auslassöffnungen 140 in der hinteren Fläche 64 der Plattform 18. Der hintere Bereich 94 der Plattform 18 wird durch Konvektion gekühlt, mittels der Kühlluft, die in dem Bereich 48 in die Kühlluftlöcher 136 einströmt und dann durch die Bohrungen 138 zu den Auslassöffnungen 140 in der hinteren Fläche 64 der Plattform strömt.

Da Federdichtungen 142 (Figur 4) zwischen benachbarten Schaufelplattformen 18 in miteinander ausgerichtete Nuten 144 und 146 eingesetzt sind (siehe Figur 7), um zu vermeiden, dass heisse Gase aus dem Gasströmungskanal 12 zwischen benachbarte Schaufelplattformen 18 gelangen können, müssen die äusseren Oeffnungen als längliche Schlitz 148 ausgebildet sein. Diese Schlitz 148 müssen eine ausreichende Abmessung in Querrichtung aufweisen, damit sie zwei benachbarte Bohrlöcher 132a und 132b (Figur 4) miteinander verbinden, so dass die Kühlluft von der Stelle 48 durch den Schlitz 148 in die beiden benachbarten Bohrungen 132a und 132b strömen kann. Falls der Schlitz 148 nicht vorgesehen wäre, sondern lediglich für jede Bohrung 136 eine Einlassbohrung vorgesehen wäre, so würde die Federdichtung 142 den Eintritt zu der Bohrung 132a verschliessen. Es ist demnach ersichtlich, dass der hintere Bereich 94 der Plattform durch Kühlluft gekühlt wird, welche durch parallel zueinander angeordnete Bohrungen 132 strömt, die in einer Reihe zwischen den Seitenflächen 78 und 80 der Plattform 18 und parallel zu diesen Flächen angeordnet sind.

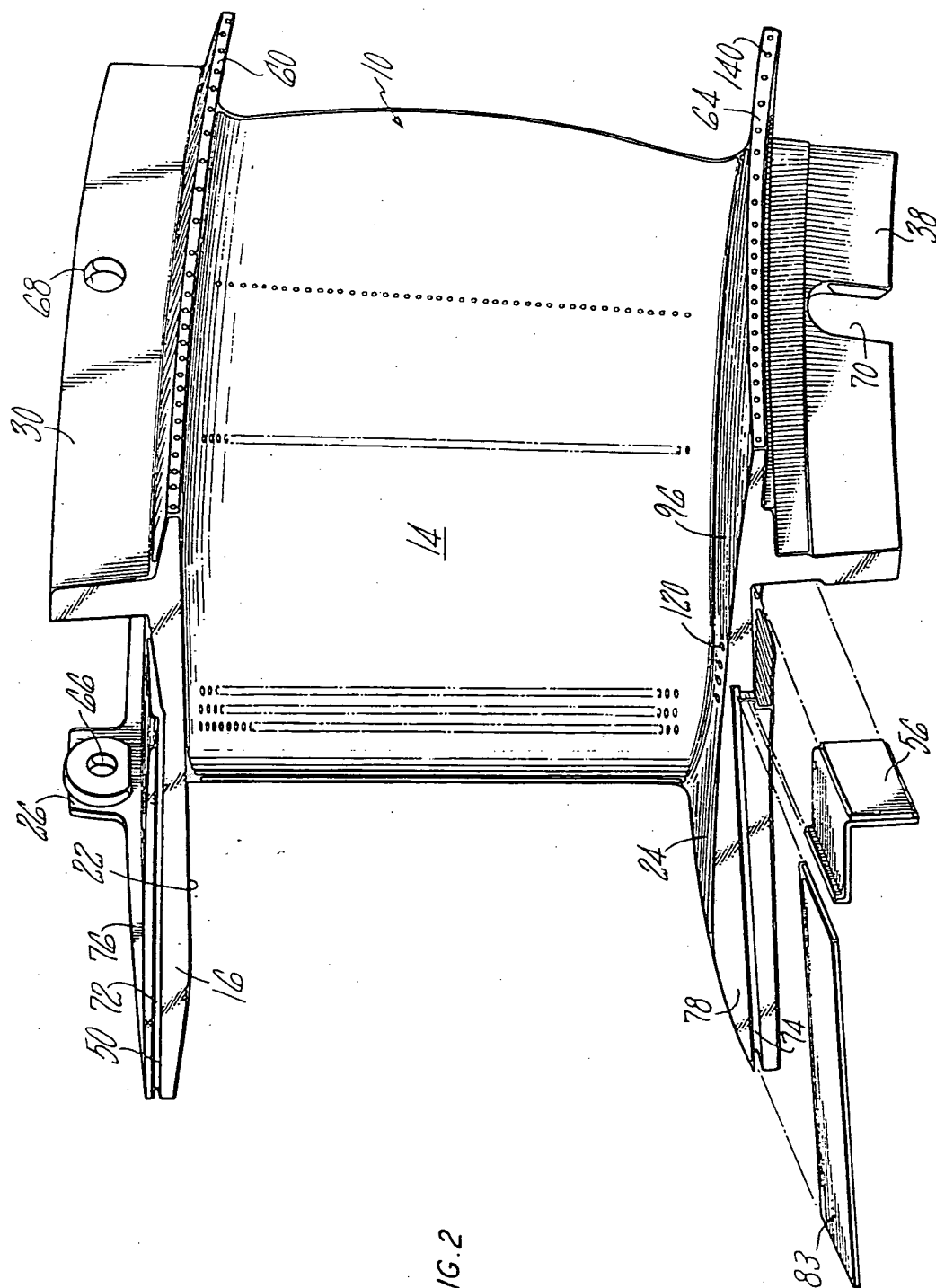


FIG. 2

